

dr inż. Jakub Grela

Magazynowanie energii z instalacji OZE

Energia elektryczna dostępna z instalacji fotowoltaicznych powstaje w wyniku przetwarzania energii docierającej do paneli fotowoltaicznych wraz z promieniami słońca. Fakt ten ściśle charakteryzuje okres w ciągu doby, w którym energia ta jest dostępna – przedstawiony na rysunku nr 1 kolorem żółtym w postaci generacji energii w instalacji fotowoltaicznej i określony jako *peak sunshine*. Należy zauważyć, że okres, w którym dostarczana jest energia z instalacji fotowoltaicznej, w zasadzie znacząco nie pokrywa się z okresami wzmożonego zapotrzebowania na energię w ramach tak zwanych szczytów porannych (od pobudki do wyjścia z domu do pracy czy szkoły) i wieczornych (od powrotu do domu po pójściu spać). Nie wspominając o ewentualnym zapotrzebowaniu na energię elektryczną w godzinach nocnych. Dodatkowo należy pamiętać o niejednorodnym (w ujęciu dzień do dnia) i zmiennym pod względem dynamiki generacji mocy charakterze instalacji OZE (zarówno wiatrowych jak i słonecznych), co jeszcze bardziej utrudnia skorelowanie ze sobą nominalnych wartości zapotrzebowania i produkcji energii z tego typu instalacji.

W ramach pracy instalacji fotowoltaicznych typu on-grid, gdzie produkowana moc z paneli słonecznych konsumowana jest na potrzeby bieżące a reszta oddawana do sieci elektroenergetycznej, z reguły prosumenci zużywają na potrzeby własne tylko około 30% energii. Nadwyżka wygenerowanej energii, która trafia do sieci elektroenergetycznej z punktu widzenia prosumenta może z niej zostać odzyskana w innym czasie z co najmniej 20% stratą. Z kolei, z punktu widzenia operatora systemu przesyłowego nieprzewidywalny charakter eksportu energii do sieci elektroenergetycznej z wielu rozproszonych źródeł OZE nie jest obojętny i może stanowić różne problemy.

Ten podstawowy mankament jest rozwiązywany z wykorzystaniem magazynów energii. Do współpracy w ramach domowych instalacji OZE (przykładowo jak fotowoltaika na dachu budynku), wykorzystywane są rozwiązania bateryjne bazujące na dedykowanych chemicznych ogniwach galwanicznych wraz z odpowiednim osprzętem.



Rysunek 1 - Przykładowy profil zapotrzebowania na energię elektryczną w gospodarstwie domowym (kolor niebieski), z uwzględnieniem generacji z instalacji fotowoltaicznej (kolor żółty), oraz ze stanem naładowania akumulatorowego magazynu energii (kolor zielony).

Akumulatory w instalacjach fotowoltaicznych

W celu zmagazynowania a następnie udostępniania energii elektrycznej powszechnie stosowane są zasobniki energii w postaci chemicznych akumulatorów elektrycznych. Są one rodzajem ogniwa galwanicznego, które może być wielokrotnie rozładowywane i ładowane prądem elektrycznym, dzięki wykorzystaniu odwracalnych reakcji chemicznych zachodzących w elektrolicie oraz na styku elektrolitu i elektrod.

Podczas procesu ładowania akumulatora, w jego wnętrzu, energia elektryczna przetwarzana jest na energię chemiczną, a sam akumulator pełni rolę odbiornika energii elektrycznej. Z kolei, pobór zmagazynowanej energii z akumulatora jest realizowany na skutek przemiany energii chemicznej na energię elektryczną, a akumulator w takim stanie pracy pełni rolę źródła prądu elektrycznego. W praktycznie każdym akumulatorze oprócz odpowiednich, oczekiwanych, odwracalnych reakcji chemicznych zachodzą też jednak nieodwracalne reakcje uboczne, które powodują stopniową degradację właściwości akumulatora. Należy zaznaczyć, że pobieranie energii z naładowanego akumulatora prowadzi do jego stopniowego rozładowania. Oba wspomniane procesy określane są cyklami

pracy akumulatora.

Wśród parametrów określających akumulatory najczęściej używaną wielkością jest pojemność, rozumiana jako zdolność akumulatora do przechowywania ładunku elektrycznego, zazwyczaj wyrażana w jednostkach jakimi są amperogodziny. Należy jednak pamiętać, że nie jest to jedyny kluczowy parametr, który powinien być rozważany w przypadku zastosowania w danej aplikacji.

Wraz z rozwojem technologii chemicznej w branży akumulatorów wykształciło się ich kilka rodzajów, różniących się składem elektrolitu i budową elektrod:

- akumulatory kwasowo-ołowiowe,
- akumulatory litowo-jonowe,
- akumulatory litowo-polimerowe,
- akumulatory niklowo-kadmowe,
- akumulatory niklowo-metalowo-wodorkowe.

W instalacjach fotowoltaicznych również stosowane są akumulatory, przed którymi stawiane są trochę inne wymagania niż w przypadku baterii używanych w branży samochodowej czy elektronice. W przypadku zastosowania akumulatorów jako magazynów energii pochodzącej z instalacji fotowoltaicznej należy posiadać świadomość o charakterze pracy tych instalacji. Akumulatory, które są dobierane do tego typu zastosowań, powinny umożliwiać ciągłą pracę cykliczną w trybie buforowym, ze sporadycznym osiągnięciem i pozostawianiem ich w stanie całkowitego naładowania oraz z możliwością tak zwanego głębokiego rozładowania (rozumianego jako zdolność do pobrania z nich jak największego procenta udziału zmagazynowanej energii bez uszczerbku ich właściwości eksploatacyjnych). Należy też być świadomym, że czas między doładowaniami może wynosić dni, a nie godziny. Dodatkowo, w zależności od miejsca montażu takiego zasobnika, istotnym może być szeroki zakres temperatur pracy akumulatorów.

Z uwagi na cenę i dostępność jednym z powszechnie stosowanych rodzajów konstrukcji są akumulatory kwasowo-ołowiowe. Akumulator kwasowo-ołowiowy zbudowany jest z pojedynczych ogniw kwasowo-ołowiowych. Ogniwa mogą być połączone szeregowo i/lub równolegle w ten sposób, aby oferować żądane napięcie kompletnej baterii. Pojedyncze ogniwo kwasowo-ołowiowe tworzą płyty (elektrody) dodatnie (dwutlenek ołowiu) oraz ujemne (ołów) umieszczone naprzemiennie, rozdzielone separatorem, zanurzone w roztworze kwasu siarkowego (elektrolicie). Zespół płyt jednego znaku tworzących pojedyncze ogniwo połączony jest równolegle tzw. mostkiem biegunowym. Zwykle pojedyncze ogniwo zawiera o jedną płytę ujemną więcej w wyniku czego pojemność akumulatora limitowana jest pojemnością płyt dodatnich.

Pomimo, iż akumulatory kwasowo-ołowiowe są znane od ponad 150 lat ciągle nie znaleziono korzystniejszego systemu zasilania w zastosowaniach takich jak rozruch silnika spalinowego czy zasilanie awaryjne. Najmniejszy koszt jednostki energii w porównaniu do innych typów ogniw, duże wartości energii uzyskiwane podczas rozładowania oraz łatwość recy-

klingu stanowią niezaprzeczalne zalety technologii akumulatorów kwasowo-ołowiowych. Największą wadą akumulatorów kwasowo-ołowiowych jest relatywnie niska gęstość energii w przeliczeniu na jednostkę masy.

Ze względu na zastosowane rozwiązanie w budowie akumulatorów kwasowo-ołowiowych wyróżnia się modele klasyczne, AGM czy żelowe.

W klasycznych modelach akumulatorów elektrolit wypełniający ogniwo znajduje się w postaci płynnej. Podczas cykli pracy takiego akumulatora zachodzące w nim przemiany reakcji chemicznych powodują konieczność jego stałej okresowej obsługi, związanej z monitorowaniem gęstości elektrolitu i uzupełnianiem jego poziomu. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na odpowiednie wymagania wentylacyjne.

Akumulatory w technologii AGM są często stosowane w instalacjach fotowoltaicznych. W rozwiązaniu tym elektrolit w formie płynnej zabsorbowany jest w separatorach w postaci mat wykonanych z waty szklanej – stąd akronim od angielskiego Absorbitive Glass Mat. Zastosowanie takiego podejścia umożliwiło wyeliminowanie wycieku elektrolitu z uszkodzonego akumulatora. Kolejnym istotnym aspektem w tym rozwiązaniu jest zastosowanie jednokierunkowego zaworu ciśnienia (VRLA) otwierającego się z nadmiernym wzrostem ciśnienia, który odpowiedzialny jest za uwalnianie nagromadzonych gazów z wnętrza obudowy.

Kolejny rodzaj akumulatorów kwasowo-ołowiowych wykonywany jest z elektrolitem żelowym, gdzie do płynnego roztworu kwasu siarkowego dodawane są środki żelujące. Ta technologia posiada wiele zalet, które przemawiają za ich stosowaniem w instalacjach fotowoltaicznych. Wśród nich należy wymienić charakterystykę ładowania o wysokiej sprawności, zmniejszone względem modeli klasycznych wymagania wentylacyjne oraz brak efektu rozwarstwiania elektrolitu w procesie wolnego ładowania. Dodatkowo cechują się one większą ilością cykli głębokiego rozładowania oraz możliwy jest pełny powrót ze stanu głębokiego rozładowania.

Ze względu na swoją budowę i sposób działania zarówno akumulatory AGM jak i żelowe określane są mianem bezobsługowych.

W przeciągu ostatnich lat na rynku zaczęły pojawiać się akumulatory kwasowo-węglowe, zmiana w ich budowie polega na konstrukcji elektrody ujemnej. Została ona wzbogacona dodatkiem węgla co przekłada się na znaczącą poprawę parametrów pracy akumulatorów, przy nieznacznym wzroście ceny.

Osobną grupę akumulatorów stanowią ogniwa litowe (Li-Ion, LiPo, LiFePO4). Są one magazynami energii, w których źródłem energii są dodatnie jony litu przepływające przez elektrolit pomiędzy elektrodami. Podczas procesu ładowania przepływ jonów odbywa się od elektrody litowej do elektrody węglowej. Ze względu na duży potencjał w kwestii wzrostu gęstości energii oraz wysokie napięcie pojedynczego ogniwa, znajdują coraz szersze zastosowanie co wiąże się również ze zmniejszaniem się kosztów ich produkcji.

Ogniwa litowe charakteryzują się takimi cechami jak:

- duża gęstość energii,
- wysokie napięcie pojedynczego ogniwa,
- korzystny stosunek jakości do ceny,
- brak potrzeby „formatowania” ogniwa oraz „efektu pamięci”,
- niski wartość samorozładowania, rzędu 1 – 2 % miesięcznie.

Ogniwa, które zostały wyprodukowane w jednej serii mogą mieć różne pojemności, ze względu na minimalne różnice w procesie wykonania. W dłuższej perspektywie może powodować to brak maksymalnej możliwości wykorzystania pojemności pakietu lub całego akumulatora. Ogniwo o gorszych parametrach będzie przeładowywane, co diametralnie skraca żywotność. Pasywne balansowanie ogniw o wyższym potencjale elektrochemicznym jest realizowane na specjalnych rezystorach rozładowczych (ang. bleeding resistor). Jest to rozwiązanie szybkie w implementacji, tanie i proste w eksploatacji oraz stosunkowo bezawaryjne. Niestety wraz z rosnącym zużyciem ogniw wzrasta różnica między pojemnościami, wtedy czas balansowania może wydłużyć się znacząco, gdyż jest ograniczony rezystorem rozładowawczym. Aktywne balansowanie jest realizowane przy pomocy takich elementów jak cewka, kondensator i transformator. Energia jest pobierana z najbardziej naładowanych ogniw i przesyłana do pozostałych. Przy tworzeniu własnego układu niezbędne jest zaprojektowanie autorskiego algorytmu związanego ze sposobem i kolejnością ogniw w procesie balansowania, ponadto, od strony sprzętowej jest to bardziej skomplikowane, co za tym idzie awaryjne rozwiązanie. Jednak przy większych akumulatorach rzędu kilkudziesięciu kWh oraz napięciach setek volt może okazać się opłacalne, pomimo około 15-20% strat na kluczach tranzystorowych i elementach pasywnych spowodowanych przesyłem energii. Dlatego też w przypadku wykorzystywania technologii litowych powszechnie stosowane są układy zarządzające pracą ogniw BMS (akronim od angielskiego Battery Management System).

Akumulatory współpracujące z instalacją fotowoltaiczną muszą wyróżniać się kilkoma cechami, które umożliwiają efektywne magazynowanie energii z paneli oraz wydajne wykorzystanie jej w okresie wysokiego zapotrzebowania. Kluczowe parametry zapewniające wydajną eksploatację akumulatorów to między innymi:

- wysoki współczynnik gęstości energii do masy,
- charakterystyka napięciowo – pojemnościowa o jak najmniejszym nachyleniu (płaska),
- możliwość głębokiego rozładowania ogniw, w razie zwiększonego zapotrzebowania na energię, bez znaczącego uszczerbku na pojemności banku akumulatorów,
- możliwość ładowania akumulatorów z dużą efektywnością,
- stosunkowo duży względem pojemności prąd rozładowania,
- duża ilość cykli ładowania,
- tania i najlepiej bezobsługowa eksploatacja,
- odporność na starzenie akumulatorów spowodowane upływem czasu.

Wszystkie wymienione wymagania doskonale spełniają ogniwa litowe, jednakże cena zakupu w przeliczeniu na kilowatogodzinę zgromadzonej energii może być nawet 5 razy wyższa, w zestawieniu z akumulatorami kwasowymi. Ponadto, każdy projekt magazynu energii cechuje się innymi założeniami, w związku z czym inwestycje poczynione w celu zakupu ogniw o lepszych parametrach eksploatacji, niekoniecznie muszą przełożyć się na wyższą stopę zwrotu inwestycji. Z tego powodu, jedną z powszechnych obecnie opinii jest stwierdzenie, że akumulatory kwasowe stanowią uzasadniony wybór przy tego rodzaju projektach, ale należy pamiętać, że wymaga to każdorazowo przeprowadzenia odpowiedniej wielokryterialnej analizy. Przykładowo w Austrii, więcej niż 81 % tamtejszego zapotrzebowania na przydomowe magazyny energii jest pokrywane przez 3 rodzaje ogniw chemicznych, mianowicie:

- akumulatory kwasowe – ołowiowe,
- akumulatory kwasowo – węglowe,
- ogniwa litowe, takie jak niklowo – manganowo - kobaltowe lub litowo - fosforowe.

Procedura doboru akumulatorowego magazynu energii w ramach instalacji fotowoltaicznej powinna składać się z kilku etapów, uwzględniających różne kluczowe kryteria. To od jej wyników i powodzenia będzie zależał sens i celowość zastosowania takiego rozwiązania. Oczywiście i jednym z kluczowych parametrów ustalonych jako rezultat wspomnianej analizy będzie pojemność akumulatora lub nawet banku akumulatorów, która powinna uwzględniać jej odpowiedni zapas, co wpłynie pozytywnie na kwestie eksploatacyjne.

Oplacalność stosowania akumulatorów w instalacjach fotowoltaicznych

Prognozy dotyczące łącznej mocy zainstalowanej w domowych magazynach energii dla rynku niemieckiego na koniec 2020 roku wynoszą ponad 900 MW. Dynamika wzrostu liczby magazynów energii w niemieckich domach wynosiła około 50 procent rok do roku w latach 2018 i 2019. Ponadto obserwatorzy zakładają, że pomimo pandemii w tym roku wzrost inwestycji będzie również podobny. Natomiast według ekspertów celem Niemiec w zakresie produkcji energii odnawialnej i zapewnienia stabilizacji sieci elektroenergetycznej jest osiągnięcie łącznej pojemności magazynów energii na poziomie 18 GWh. Z końcem 2019 roku wartość ta była 10 krotnie mniejsza i oscylowała w okolicach 1,8 GWh. Należy zaznaczyć, że prawie 90% procent domowych magazynów energii w Niemczech współpracuje z prosumenckimi instalacjami fotowoltaicznymi.

Z kolei, w Polsce ogromnym zainteresowaniem i dla wielu sukcesem okazał się rządowy program dofinansowania pod nazwą Mój Prąd. Pomimo dołożenia do pierwotnie zakładanej kwoty 1 mld PLN jeszcze kolejnych 100 mln PLN, drugi nabór wniosków w ramach programu zakończył się przed przewidywanym czasem (6 grudnia 2020 roku). W okresie wakacji pojawiły się doniesienia o rządowych planach na uruchomienie

nie środków w ramach dotacji na domowe magazyny energii, które przykładowo mogą współpracować z instalacjami fotowoltaicznymi. Należy też zaznaczyć, że w gremiach rządowych istnieje przekonanie o potrzebie kompleksowego podejścia do transformacji krajowej energetyki, aby nie skupiać się tylko na nowych inwestycjach w rozproszone moce wytwórcze, ale tak aby dzięki odpowiednim inwestycjom zapewnić lokalne bilansowanie popytu i podaży energii możliwie jak na najniższym poziomie. Bilansowanie takie powinno odbywać się w sposób możliwie najbardziej zautomatyzowany. W celu osiągnięcia tych założeń niezbędne okazują się inwestycje w magazyny energii. Dotychczas prace rządu w zakresie formalnych regulacji z obszaru magazynowania energii nie nabierały odpowiedniego tempa czego przykładem może być procedowany od kilku lat projekt nowelizacji prawa energetycznego zawierający chociażby regulacje, które mają doprecyzować zasady funkcjonowania magazynów energii w ramach systemu elektroenergetycznego w Polsce. Jednak zauważalne są pewne pozytywne oznaki w tym obszarze, jak chociażby projekt rozporządzenia w sprawie maksymalnej ilości i wartości energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, która może zostać sprzedana w drodze aukcji w 2021 r. W zapisach wspomnianego projektu pojawiły się wolumeny dla instalacji hybrydowych, których komponentem będą mogły być magazyny energii. Tym samym potwierdzają się informacje o zapowiedziach przygotowania regulacji, które będą przekładały się na inwestycje w hybrydowe instalacje OZE wykorzystujące np. instalacje fotowoltaiczne i domowe magazyny energii. Dodatkowo ze strony rządu pojawiają się zapowiedzi, że w perspektywie do około 2030 roku źródła OZE mają być całkowicie regulowane. Wdrożenie i upowszechnienie takiego modelu hybrydowych instalacji odnawialnych będzie umożliwiało zarządzanie i sterowanie procesem wytwarzania energii elektrycznej z najtańszych źródeł wytwórczych, do których należy zaliczyć przydomowe

siłownie wiatrowe czy fotowoltaiczne. Zastosowanie domowych magazynów energii umożliwi wypłaszczenie krzywych charakterystyk dostarczania mocy do sieci elektroenergetycznych oraz co równie istotne dopasowanie dostępności ilości energii do okresów, kiedy występuje na nią największe zapotrzebowanie – przykładowo patrz rysunek 1. Z inwestycyjnego punktu widzenia zastosowanie magazynów energii umożliwi zarabianie nie tylko na sprzedaży energii, ale również na usługach świadczonych w ramach wspierania stabilności systemu elektroenergetycznego.

Podsumowanie

Współpraca instalacji wytwórczych zbudowanych w oparciu o odnawialne źródła energii z magazynami energii wydaje się być nieuniknionym zjawiskiem już w nieodległej przyszłości. Ze względu na zmienny charakter generacji energii oraz niedopasowanie okresów podaży do zapotrzebowania jak również na stan ogólnie pojętej energetyki, domowe magazyny energii coraz częściej pojawiają się w ofertach firm dystrybuujących i instalujących fotowoltaikę. Obserwacja trendów i doniesień z rynków zagranicznych oraz fakt ciągłego obniżania cen urządzeń i elementów wykorzystywanych do magazynowania energii, skłania do stwierdzenia, że hybrydowe instalacje staną się powszechne. Natomiast realia pokazują również, że bez podobnych programów pomocowych jak wspomniany Mój Prąd ciężko będzie wyzwolić impuls wśród potencjalnych odbiorców i inwestorów na tego typu rozwiązania.

dr inż. Jakub Grela

Pełna oferta produktów dostępna na:



**MEGA
CENNIK**

www.megacennik.eu